

Cálculo de las fajas isocondicionales y de las líneas de máximo desarrollo para los insectos

por

Modesto Quilis Pérez

Estación de Fitopatología Agrícola, Burjasot (Valencia).

En el estado de avance en que actualmente se encuentran los estudios de entomología aplicada, al introducir las matemáticas para calcular la influencia de los factores ecológicos sobre los insectos, tanto útiles como perjudiciales, afinando con ello las observaciones realizadas y haciéndolas derivar por cauces más interesantes, puesto que al generalizar el estudio del medio en que vive un insecto, podemos fijar con exactitud la intervención de cada factor para poder sacar las inmediatas consecuencias, hace que se estudien con preferencia los pequeños detalles que intervienen en la biología de la entomofauna de un país, que eran antes despreciados o poco estudiados.

Entomólogos de la altura de Blunk y Bodenheimer van elaborando una concepción distinta de la entomología aplicada, creando adeptos que sostienen la nulidad económica del control biológico en la entomología aplicada. Las razones expuestas por Bodenheimer en sus recientes conferencias en las Universidades norteamericanas son tan interesantes que no dejan de ser motivo de alta preocupación para el entomólogo, aunque (como dice muy bien Balachowsky) siempre queda en pie el hecho recentísimo de que en las islas Fidji ha sido totalmente destruída la plaga de *Levuana viridescens* que destruía los cocoteros, amenazando seriamente el comercio de este fruto por la introducción del taquínido *Phycomia remota* Ald., que vive a expensas de otro zigénido parecido al anterior en las regiones tropicales de Malasia y Java.

Bodenheimer da una preferencia extraordinaria a los factores ecológicos como limitantes de las especies. Es ello muy cierto; por eso creo que el camino a seguir en la entomología aplicada es el estudio perfecto, lo más minucioso posible, de estos factores, para poder luego, en todo momento, averiguar cuál es el grado de limitación de una especie perjudicial determinado por los factores ecológicos, y cuál el producido por el control biológico. Mientras no se llegue a esto, no puede decirse nada en concreto respecto a la mayor o menor utilidad del factor lucha biológica. Gracias a los trabajos de Thompson, Bodenheimer, etc., el campo abierto

a la investigación es vastísimo, siendo estas notas solamente la iniciación de estudios de mayor envergadura que sobre los factores ecológicos que intervienen en la biología de los insectos preparo.

En los estudios más recientes¹ de Bodenheimer se llega a determinar la acción de los factores ecológicos con tal precisión que ha marcado una pauta a seguir por todo entomólogo que investigue sobre la biología de una especie; pero en esos trabajos, así como en los de Balachowsky, Stellwaag, Marchal, etc., aunque han estudiado las áreas de difusión de los insectos, calculando incluso los paralelos por encima de los cuales no es posible la vida del insecto, al parecer, no han llegado a definir de un modo exacto la zona que puede ser invadida por el insecto y, dentro de ella, los puntos en que puedan concurrir los óptimos de desarrollo; por eso he creído conveniente realizar una serie de estudios y observaciones encaminados a calcular el trazado de las zonas de desarrollo favorable de cada especie (*fajas isocondicionales*) y las de desarrollo óptimo (*líneas de máximo desarrollo*), entendiéndose que aquéllas no deben confundirse con las áreas de difusión o con la distribución geográfica, puesto que las fajas isocondicionales para ser trazadas necesitan como requisito indispensable un estudio especial de los elementos ecológicos de mayor influencia sobre el insecto que se estudie, siendo cada uno de los puntos de esta faja sitios geográficos en donde puede vivir el insecto en condiciones favorables.

El trazado de una faja isocondicional para una especie determinada no presenta grandes dificultades, pero su exactitud depende de la que se haya puesto en el estudio de la interacción de los factores ecológicos. Los que actúan sobre los insectos son especialmente:

Temperatura, humedad, altura, polifagia, atracción del huésped, facilidad de adaptación, entre otros. No puede decirse que unos son más importantes que otros, todos influyen sobre la biología de las especies y son, por lo tanto, variables que es necesario hacer intervenir en la correlación final o total. Dicho coeficiente de correlación, con todas las variables indicadas, está dado por la fórmula:

$$V_{12 \cdot 34 \dots n} = \frac{V_{12 \cdot 34 \dots n-1} - (V_{1n \cdot 34 \dots n-1} \cdot V_{2n \cdot 34 \dots n-1})}{\sqrt{1 - r_{1n \cdot 34 \dots n-1}^2} \sqrt{1 - r_{2n \cdot 34 \dots n-1}^2}}$$

Falta fijar en el mapa los puntos de mayor ataque de una plaga o parásito determinado.

Para el caso del *Pseudococcus citri* Risso, por ejemplo, el área de distribución no es muy grande. Es típica especie subtropical y sólo vive en sitios templados, como Assam, Bermudas, Brasil (Bahía), Cuba, Alemania

¹ Bodenheimer (F. S.): Contributions towards the knowledge of the Red Scale (*Chrysomphalus aurantii* Mask.) in Palestina. *Hadar*, vol. VII, no. 6. June, 1934.

(región de las viñas), Italia, sur de Francia, Palestina, Levante español, Kenya y Uganda, Estados Unidos (California), China, Formosa, India alemana, Rusia (Crimea), Grecia, Argelia, Marruecos, Córcega y Sicilia.

Marcando estos puntos en el mapa, observaremos que todos están comprendidos entre los paralelos 11 de latitud sur y 50 de latitud norte, quedando la mayor concentración de localidades alrededor del 40 de latitud norte y entre los meridianos 20 de longitud este y 10 de longitud oeste. Coincidiendo en ello con los cálculos de Bodenheimer, según los cuales el área de difusión de este insecto está limitada por la isoterma anual 8,5°, que viene a estar alrededor del paralelo 40-42, como antes hemos indicado.

Si estudiamos el clima de cada uno de los puntos indicados, se manifiesta de un modo patente que todos caen dentro de las isotermas de julio,

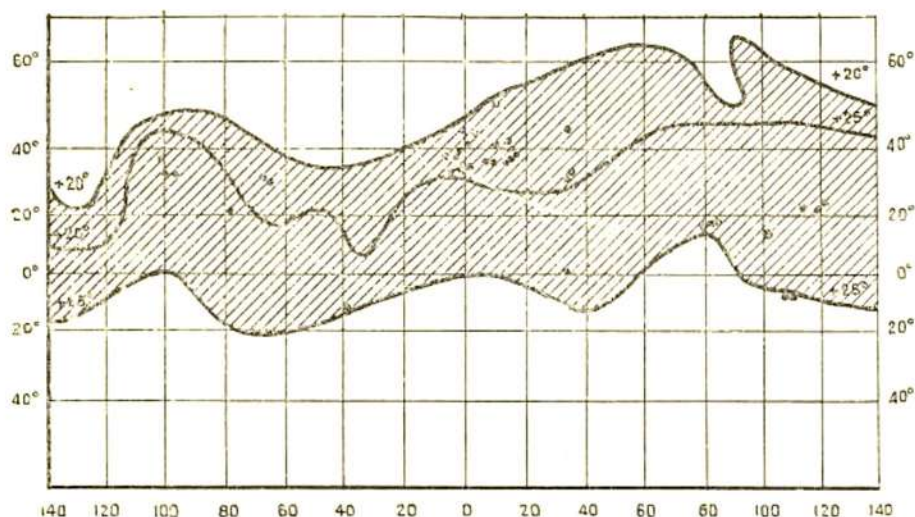


Fig. 1.—Faja isocondicional para el *Pseudococcus citri* Risso. Los puntos significan las localidades del globo en donde se ha encontrado este insecto, y las líneas son las isotermas de julio.

20 y 25° de latitud norte y 25 y 20° de latitud sur. Hay puntos, no obstante, colocados entre las isotermas 25 y 30° latitud norte, pero son muy aislados y sin gran importancia para nuestro objeto, por ser en ellos accidental la presencia del cóccido, aunque, como es natural, no los omitiremos en nuestros estudios. Si nos fijamos en las isotermas de enero, quedan todos entre los 10° de latitud norte y 25° de latitud sur, y la mayor concentración de ellos queda entre los 10 y 15° de latitud norte. Con respecto a las isotermas anuales, todos están entre los 10-20° de latitud norte y alrededor de la 25° de latitud sur.

En cuanto a la humedad de las localidades atacadas, coincide con la de las experiencias que respecto a la ecología de este insecto tenemos. Las regiones más atacadas son precisamente las de clima poco húmedo, templado, semimarítimo; es decir, toda la zona circunmediterránea. En los restantes puntos esta especie no produce verdaderas plagas, pues está substituída

por el *Ps. gahani*, *Ps. filamentosus*, etc., mejor adaptados a climas más húmedos.

En efecto, dichas experiencias nos dicen que a mayor humedad hay mayor mortalidad de insectos y retraso del ciclo evolutivo. En el caso tan interesante del cóccido antes citado, el aumento de humedad en las cabinas para la obtención artificial¹ y cultivo del *Cryptolaemus montrouzieri* Muls., su destructor, retrasa bastante su ciclo; así, en una de las cabinas

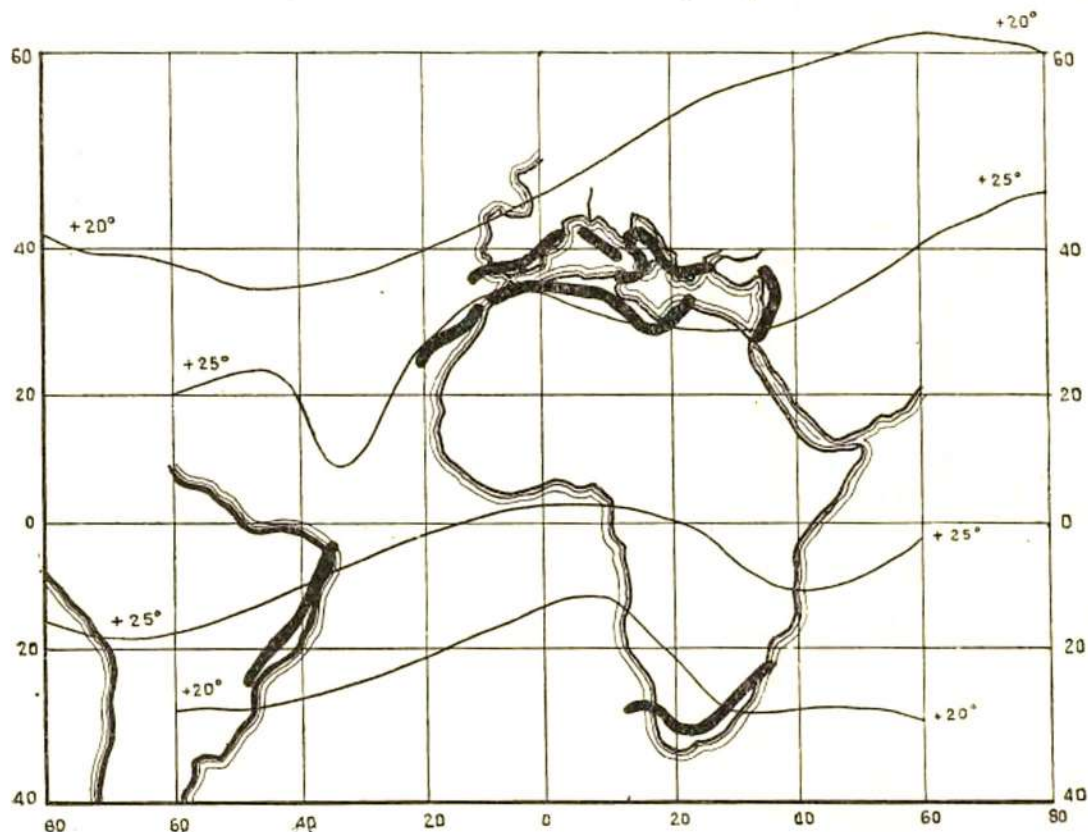


Fig. 2.—Línea de máximo desarrollo para el *Ps. citri*.

en donde la temperatura media fué de 22,2°, la máxima 25° y la mínima 18° y la humedad media 66,6°, siendo la máxima 91° y la mínima 54°, duró veintinueve días; en cambio, en otra cabina donde la temperatura media fué de 23,1° y la humedad media 87,7°, el ciclo evolutivo fué de treinta y cinco días.

La altitud de las localidades en donde vive no excede de los 75 metros, encontrándose siempre en terrenos bajos, por lo tanto.

La vegetación de estas localidades es también un factor interesante para fijar con todo rigor la faja isocondicional. En todos los países o puntos de ataque lo hace con preferencia sobre las plantas cítricas; tanto es así, que los puntos de máximo cultivo de estas plantas son los de máxima plaga. En otros, como en Java (Ultèe, 1931; Betrem, 1932), ataca al café; en

¹ En los Insectarios de la Estación de Fitopatología Agrícola de Valencia.

Eritrea (Compère, 1931), ataca al acebuche (*Olea chrysophylla*), etc. Por lo tanto, existen, según esto, una serie de plantas por las que muestra marcada preferencia, y si, como decimos, comparamos los datos de temperatura, humedad, altura y plantas preferentes, junto con los de longitud y latitud de una localidad, podemos determinar si este insecto puede o no vivir en ella. Uniendo todas estas localidades, formaremos la faja isocondicional, que estará determinada por una red o nube de puntos que podemos trasladar a un origen de cartesianas en las que las abscisas representan los pa-

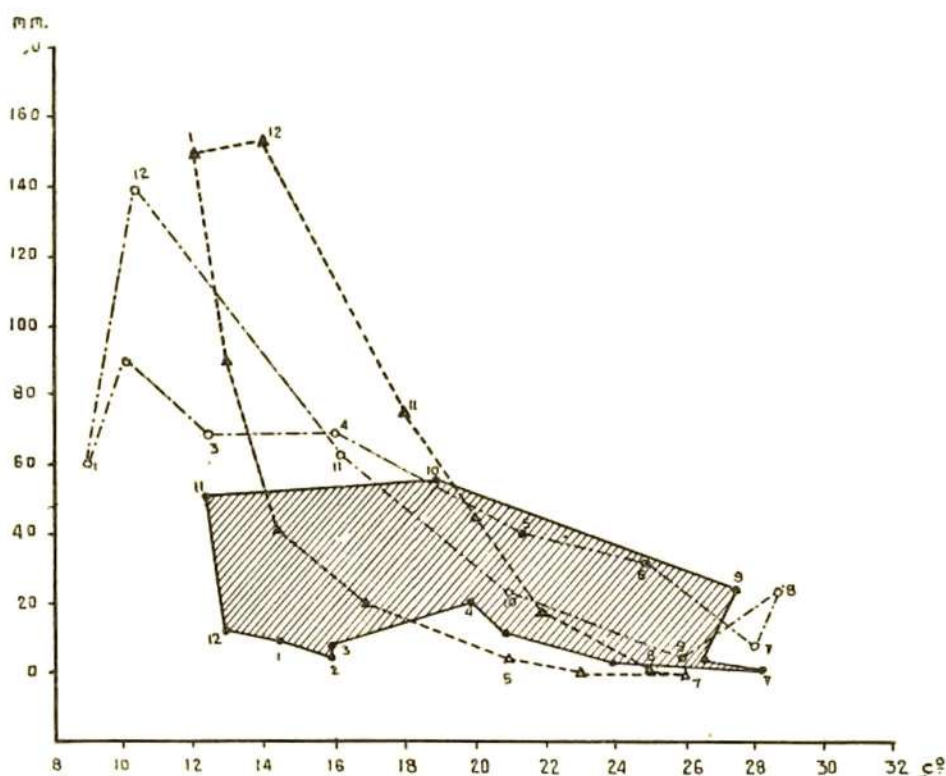


Fig. 3.—Climogramas de Valencia (España) (polígono lleno), Jaffa (Palestina) (círculos) y Adana (Turquía) (triángulos).

paralelos y las ordenadas los meridianos, y como cada uno de estos puntos representa un fenómeno influido por dos variables, que aquí serían longitud y latitud, pues ambas influyen a su vez en la temperatura y humedad y éstas, a su vez, en la flora atacable por el insecto considerado, variables colocadas en un campo de variabilidad limitado por una *faja plana* comprendida entre dos curvas, cuyo margen de variabilidad está expresado por la raíz cuadrada del valor medio de los cuadrados de las desviaciones típicas observadas en las variables antedichas, esta faja será la *faja isocondicional* (fig. 1).

De la investigación experimental resulta indudable la existencia de varias líneas o redes de regresión que nos indican una correlación o ley elástica entre las variables consignadas, longitud, latitud, etc., que no es un

enlace rígido, porque los datos de temperatura, humedad, etc., son valores medios. Y que los resultados obtenidos son ciertos es indudable, ya que, aplicando el cálculo de las desviaciones vectoriales típicas, dentro de la red, obtendremos una *fluctuación vectorial* ligada al baricentro. Por lo tanto, en el caso que nos ocupa la faja isocondicional del *Pseudococcus citri* Risso estará dada por *todos los puntos colocados entre los paralelos 50° norte y 30° sur, que, a su vez, estén comprendidos entre las isotermas de julio 20-25° norte y 25-20° sur y que cumplan las condiciones de clima poco húmedo, templado semimarítimo.*

No creemos necesario añadir como condición indispensable que se cultiven o puedan cultivarse las plantas de la apetencia del insecto.

Si consideramos con detenimiento esta afirmación, podemos notar que cualquiera de los puntos en donde hasta ahora se ha encontrado el *Ps. citri* está enclavado en esa faja isocondicional, y aclarando un poco su concepto, hemos de decir que en los puntos favorables de ella *puede vivir* el insecto, aunque no es necesario que produzca plaga. Para que esto ocurra es preciso que cada punto favorable cumpla las condiciones climáticas y biológicas óptimas, es decir, sea de temperatura y humedad óptimas, masas de vegetación fácilmente atacables y atrayentes, altura adecuada, vientos y estado nuboso favorables, etc., por lo que el desarrollo del insecto es abundante, convirtiéndose en plaga. Estos puntos, que llamaremos *puntos óptimos*, podemos unirlos por medio de una línea, *línea de máximo desarrollo*, que para el *Ps. citri* pasará por todos aquellos puntos que tengan una temperatura media de 20-30° durante los meses de junio a octubre, una humedad media de 65-70° durante los mismos¹, una altura que no pase de los 50 metros sobre el nivel del mar y masas de vegetación atrayentes, constituidas por las especies siguientes:

Citrus (todas las especies).

Ceratonia siliqua.

Ficus carica.

Ipomea mexicana.

Juniperus oxycedrus.

Mesembrianthemum acinaciformis, *M. edule*.

Pittosporum tobira.

Punica granatum.

Robinia pseudo-acacia.

Vitis vinifera.

sobre las cuales lo hemos encontrado, constituyendo plaga en toda la zona

¹ Las temperaturas y humedades óptimas son las de 22,2° C. y 66,6°, respectivamente, como se deduce de las experiencias efectuadas en los laboratorios de la Estación Fitopatológica de Burjasot (Valencia).

del Levante español. Balachowsky¹ lo ha encontrado sobre las mismas plantas en Argel, Túnez y Rabat; Marchal (1908), en Niza, Menton, etcétera; Ultée (A. J.)² y Betrem (J. G.)³, en Java, sobre café; Russo (G.)⁴, en Santo Domingo, sobre cacao; Bondar⁵, en Bahía (Brasil), sobre batata (*Ipomea batatas*), etc., también constituyendo plaga, y como todas estas condiciones se dan en numerosos puntos de la faja isocondicional, es posible hacer pasar por ellos la línea de máximo desarrollo (fig. 2).

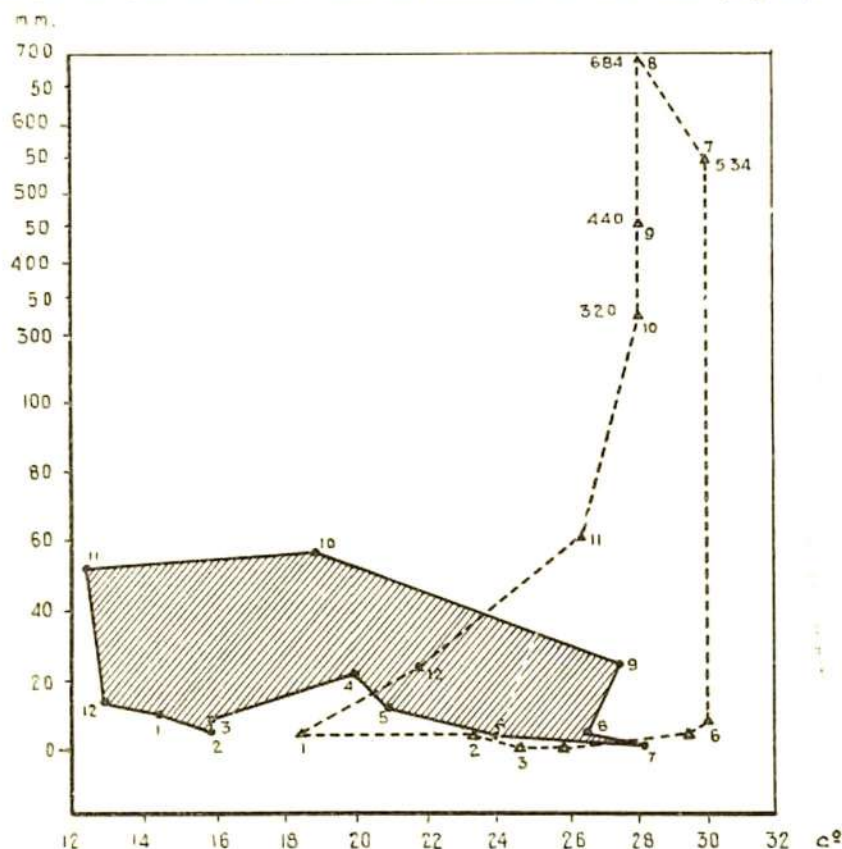


Fig. 4.—Climogramas de Valencia (España) (polígono lleno) y Bombay (India) (triángulos).

Los climogramas de varios puntos de la faja, por ejemplo, Valencia (España), Jaffa (Palestina) y Adana (Turquía)⁶ (fig. 3), nos indican que

¹ Étude biologique des Coccidés du Bassin Occidental de la Méditerranée. *Enc. Ent.* P. Lechevalier, 1932.

² Verslag over de werkzaamheden van het Proefstation Malang in het jaar 1931. *Med. Proef. Malang*, Nr. 82. Surabaya, 1932.

³ White Luis (Mealybugs). *Bergcultures*, VI, n° 22. Batavia, 1932.

⁴ Il deperimento delle piantagioni di cacao nella Repubblica Dominicana. *Agric. Colon.*, XXIV, n° 11, 1930.

⁵ Insectos daninhos e molestias da batata doce no Brasil. Primeira contribuição. *O Campo*, I, n° 9. Rio de Janeiro, 1930.

⁶ Los dos últimos tomados de Bodenheimer (1934).

son puntos óptimos para el desarrollo de la plaga de *Ps. citri*, pues las áreas de los polígonos de cada climograma son muy parecidas; en cambio, observando las de Valencia y Bombay (India) (fig. 4), dichas áreas son muy diferentes, indicándonos con ello que en la de Bombay existen una serie de condiciones extremas que, aunque permitan la vida del insecto, no dejan que constituya plaga. Claro que las diferencias en dichas áreas son producidas por los cambios de humedad y temperatura que no son favorables al desarrollo del insecto, porque aun cuanto el climograma de Valencia es algo distinto al de Jaffa o Adana, puesto que en el primero se pone de manifiesto la pequeña cantidad de precipitaciones acuosas durante el año, también es cierto que durante los meses de vida del insecto las precipitaciones en todas las localidades antes citadas son casi las mismas; en cambio, al compararlas con las de Bombay, la diferencia en igual período es bien manifiesta.

Según esto, la comparación del climograma de una localidad cualquiera con otra que sea *punto óptimo*, nos da los datos más importantes para conocer si la primera puede serlo o no y, por lo tanto, si es capaz el insecto estudiado de producir plaga.

Es indudable que para cualquier insecto puede trazarse la faja isocondicional y la línea de máximo desarrollo, tanto si es perjudicial como si es útil, siguiendo las normas trazadas; es más, es conveniente y hasta necesario hacerlo, puesto que nos dice con toda certeza los puntos en que si se verifica la introducción de un insecto no controlada por los servicios fitopatológicos, está su desarrollo limitado o no por los factores ecológicos de la localidad.

El valor de estos estudios aumenta cuando se trata de la introducción de insectos útiles empleados en el control biológico, ya que, haciendo las observaciones preliminares como llevamos indicado, no será necesario hacer otras experimentales, que solamente serían precisas en aquellas especies en las que el resultado de los estudios fuese dudoso.

Con este trabajo es cierto que colaboramos al desarrollo de las modernas teorías de la preponderancia de los factores ecológicos sobre los biológicos como delimitadores de las especies útiles o perjudiciales a la agricultura; pero también es cierto que el control biológico con la simplicidad con que lo presentan la mayor parte de los entomólogos no es posible que sea ventajoso, ni aun siquiera científico, ya que actualmente no se puede suponer que la lucha biológica quede circunscrita a colocar frente a la plaga su parásito y observar su comportamiento, sino que es necesario conocer de antemano la interacción de los mismos, y esto sólo se consigue por medio del estudio y previsión de todas las condiciones bioclimáticas de una y otra especie.